

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-174268
 (43)Date of publication of application : 02.07.1999

(51)Int.CI. G02B 6/293
 G02B 6/00
 G02B 6/122
 G02B 6/34

(21)Application number : 09-344608
 (22)Date of filing : 15.12.1997

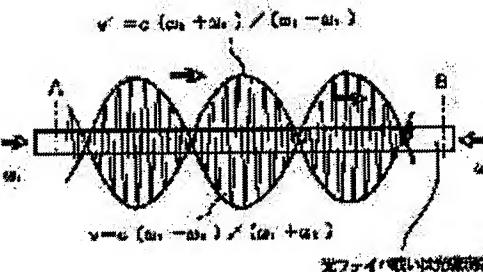
(71)Applicant : NEC CORP
 (72)Inventor : KOU YOKUTOU
 YAMADA HIROHITO

(54) OPTICAL FUNCTIONAL ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical isolator or an optical wavelength demultiplexer excellent in reliability and safety with a simple configuration by forming a diffraction grating by the interference of first and second light waves propagated mutually in opposite directions inside a medium.

SOLUTION: To an optical fiber or an optical waveguide composed of the medium for changing a refractive index by the intensity of light, that is the one for indicating a Pockels effect or a Kerr effect, the two light waves of different frequencies ω_1 and ω_2 propagated mutually in the opposite directions are introduced. In this case, for electric field distribution inside the optical fiber or the optical waveguide, the wave of cyclic refractive index distribution advancing in a certain fixed direction by the interference of the light waves, that is a dynamic diffraction grating, is formed. Since a desired light wave is reflected or transmitted by the diffraction grating, the optical isolator or the wavelength demultiplexer is realized with a simple configuration. Also, monolithic integration is possible as the optical device of a semiconductor laser, a manufacture process is simplified and the reliability is improved.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 15.12.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 07.12.1999

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-174268

(43)公開日 平成11年(1999)7月2日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	F I
G 02 B 6/293		C 02 B 6/28
6/00	3 1 6	6/00
6/122		6/34
6/34		6/12
		A

審査請求 有 請求項の数7 O.L (全7頁)

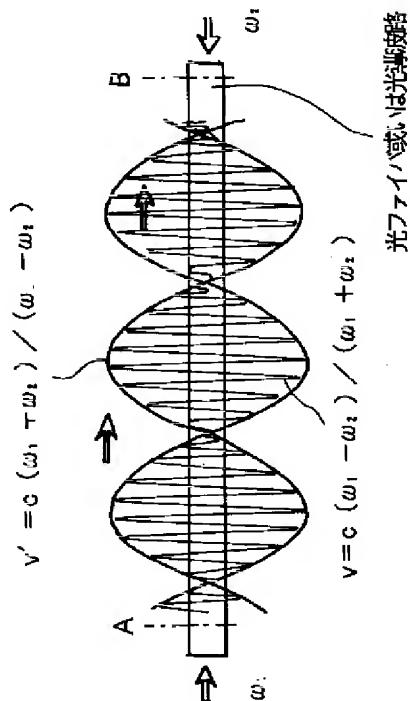
(21)出願番号	特願平9-344608	(71)出願人	000004237 日本電気株式会社 東京都港区芝五丁目7番1号
(22)出願日	平成9年(1997)12月15日	(72)発明者	黄 翔東 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
		(72)発明者	山田 博仁 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
		(74)代理人	弁理士 鈴木 章夫

(54)【発明の名称】光機能素子

(57)【要約】

【課題】簡易な構成で、しかも集積型の光アイソレータや波長分波器を構成することが可能な光機能素子を得る。

【解決手段】光の強度に応じてその屈折率が変化する媒質と、前記媒質内を互いに逆方向に伝搬する異なる周波数 ω_1 及び ω_2 の第一及び第二の光波と、これらの光波の干渉により前記媒質内に形成される屈折率分布の波による動的回折格子から構成され、前記媒質内に伝搬される第三の光波の向きに応じて第三の光波は前記動的回折格子により反射され、伝搬特性に異方性が生じ、光アイソレータとして機能する光機能素子が得られる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光の強度に応じてその屈折率が変化する媒質と、前記媒質内を互いに逆方向に伝搬される第一及び第二の光波と、これらの光波の干渉により前記媒質内に形成される屈折率分布の波による回折格子から構成されることを特徴とする光機能素子。

【請求項2】 前記第一及び第二の光波は、前記媒質内を互いに逆方向に伝搬する異なる周波数 ω_1 及び ω_2 の第一及び第二の光波からなり、前記回折格子は、前記各光波の干渉により形成されるある一定方向に進行する周期的な屈折率分布の波による動的回折格子として構成されることを特徴とする請求項1に記載の光機能素子。

【請求項3】 前記媒質内に周波数 ω_3 の第三の光波が伝搬され、この周波数 ω_3 が、 $\omega_3 = [\omega]^2 / \omega_1$ あるいは $\omega_3 = [\omega]^2 / \omega_2$ (ただし、 $[\omega] = (\omega_1 + \omega_2) / 2$) に設定され、前記第三の光波に対するアイソレータとして構成される請求項2に記載の光機能素子。

【請求項4】 前記媒質は光の強度に応じてその屈折率が変化する媒質から成る光ファイバあるいは光導波路で構成され、前記光ファイバあるいは光導波路には、前記第一及び第二の光波を入射する第一及び第二の入射端と、前記第三の光波を入射及び出射させる第三及び第四の入射端が分岐形成されている請求項3に記載の光機能素子。

【請求項5】 前記第一及び第二の光波は、前記媒質内を互いに逆方向に伝搬する同じ周波数の第一及び第二の光波からなり、前記回折格子は、前記各光波の干渉により生じる定在波により形成する回折格子として構成されることを特徴とする請求項1に記載の光機能素子。

【請求項6】 前記媒質内に前記第一の光波を含む多波長光が入射され、前記回折格子はこの多波長光のうちから第一の光波を反射する波長分波器として構成される請求項5に記載の光機能素子。

【請求項7】 前記媒質は光の強度に応じてその屈折率が変化する媒質から成る光ファイバあるいは光導波路で構成され、前記光ファイバあるいは光導波路には、前記第一の光波を含む多波長光を入射する第一の入射端と、前記第二の光波を入射する第二の入射端と、反射された前記第一の光波を出射する第一の出射端と、前記多波長光から第一の光波が分波された光を出射する第二の出射端とが分岐形成されている請求項6に記載の光機能素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光機能素子に関し、特に光ファイバ通信システムなどに用いる光アイソレータあるいは波長分波器に適用可能で、かつ集積化が可能な光機能素子に関する。

【0002】

【従来の技術】近年における光ファイバ通信システム、なかでも光多重通信技術の発展に伴ない、光波用の光アイソレータや波長分波器の集積化の要望が高められている。従来の光アイソレータは、ファラデー効果を示す磁気光学結晶を45度偏光回転子として用い、この偏光回転子を光透過の偏光方向が45度だけずれた2枚の偏光子で挟み、これら偏光子や偏光回転子の作用により、光を一方向にのみ透過させる構成のものが一般的である。また従来の波長分波器は、図9に示す様に、光ファイバ等から入射した多波長光をレンズ60及び反射鏡61で平行光ビームに変換し、回折格子62に入射させ、ここで多波長光を波長に応じて異なる方向に回折させる。そして、この回折光を波長毎にレンズ63で収束し、対応する位置に選択的に配置した出力光ファイバ64に導いている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、これらの従来構造では、それぞれ独立して形成された光学素子を組み合わせて光アイソレータ、光波長分波器を構成しているものであるため、各光学素子を形成する際の材料の加工工数や、これらの組み立て工数等が必要であり、全体として多数の工数を要するという問題がある。また、加工精度や組み立て精度を高精度に管理する必要があり、信頼性や安定性に乏しいという問題がある。また、光半導体素子との集積化にも不向きであった。

【0004】このため、従来では、特開平8-109026号公報に記載のように、電圧進行波を用いた動的回折格子が提案され、この動的回折格子によって光アイソレータや波長分波器を構成することが提案されている。しかしながら、この技術では、動的回折格子を実現するために、高周波を発生する信号源が必要であり、結果として前記した問題を解消するまでには至っていない。

【0005】本発明は、このような従来の光アイソレータあるいは光波長分波器の問題を除去し、簡単な構成で実現可能で、構造及び組み立ても簡単で、信頼性及び安定性に優れる光アイソレータあるいは光波長分波器を実現可能な光機能素子を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、光の強度に応じてその屈折率が変化する媒質と、前記媒質内を互いに逆方向に伝搬される第一及び第二の光波と、これらの光波の干渉により前記媒質内に形成される屈折率分布の波による回折格子から構成されることを特徴とする。

【0007】ここで、本発明の光機能素子を光アイソレータとして構成する際には、前記第一及び第二の光波は、前記媒質内を互いに逆方向に伝搬する異なる周波数 ω_1 及び ω_2 の第一及び第二の光波からなり、前記回折格子は、前記各光波の干渉により形成されるある一定方向に進行する周期的な屈折率分布の波による動的回折格子として構成される。

【0008】また、本発明の光機能素子を波長分波器として構成する際には、前記第一及び第二の光波は、前記媒質内を互いに逆方向に伝搬する同じ周波数の第一及び第二の光波からなり、前記回折格子は、前記各光波の干渉により生じる定在波により形成する回折格子として構成される。

【0009】前記光アイソレータの動作原理を説明する。図1において、光の強さにより屈折率が変化するような、即ち、ボッケルス効果あるいはカーポー効果を示す媒質から成る光ファイバあるいは光導波路に、互いに逆方向へ伝搬する異なる周波数 ω_1 及び ω_2 の二つの光波を導入する。この場合光ファイバあるいは光導波路内の電界分布はこれらの光波の干渉により、速度 $v' = (\omega_1 + \omega_2) c / (\omega_1 + \omega_2)$ で右向き($\omega_1 > \omega_2$ の場合)に進行する波長 $4\pi c / (\omega_1 - \omega_2)$ の波と、速度 $v = (\omega_1 - \omega_2) c / (\omega_1 + \omega_2)$ で左向き($\omega_1 > \omega_2$ の場合)に進行する波長 $4\pi c / (\omega_1 + \omega_2)$ の光波となる。ここに、 c は光速である。速度 v' は通常光速の10倍以上の程度となり、非常に速くなるので、光ファイバあるいは光導波路構成する媒質の屈折率の変化が追隨可能な周波数域に対して極めて高く、媒質内の屈折率変化を引き起こさない。一方、速度 v で伝搬する光波は光速度の $1/20$ の程度となり、十分遅いので光ファイバあるいは光導波路内の屈折率を変調し、ある一定方向に進行する周期的な屈折率分布の波、即ち動的回折格子が形成される。なお、このような動的回折格子は、例えば、半導体レーザにより実現可能である。

【0010】したがって、このような速度 v で移動する回折格子に、周波数 ω_0 の光波が入射する場合、図2(a)に示すように、回折格子が光波の伝搬方向と同じ方向に移動する場合では、ドップラ(Doppler)効果により、回折格子から見た光波の周波は ω_0 より低い $\omega_0^- = \omega_0 (1 - v/c)$ になる。一方、図2(b)に示すように、光波が回折格子の移動方向と反対方向に伝搬する場合には、回折格子から見た光波の周波数は ω_0 より高い $\omega_0^+ = \omega_0 (1 + v/c)$ になる。従って、回折格子のピッチを周波数 ω_0^- の光波のみ透過するように設計しておけば、同図(a)の場合は光波が透過できるが、同図(b)の場合は光波が通過できないため、光非相反素子として機能させることが可能である。例えば、図1の構成において、 $\omega_0 = [\omega]^2 / \omega_1$ (ここに、 $[\omega] = (\omega_1 + \omega_2) / 2$ である)の周波数を入射した場合、 ω_0 の光はB→A方向には伝搬可能であるが、A→B方向には動的回折格子により反射されて伝搬できない。また逆に $\omega_0 = [\omega]^2 / \omega_2$ の光波はA→B方向には伝搬可能であるが、B→A方向には伝搬できない。したがって光アイソレータとして機能できる。

【0011】一方、前記波長分波器の原理を示す。図3

に示すように、複数の光入出射口を有する一本の光ファイバあるいは光導波路10上において、その一方の入射端P11から $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \dots, \omega_a$ の周波数の多波長光を入射させる。また、前記光導波路10に対して、入射端P12から多波長入射光の伝搬方向と逆方向へ周波数 ω_1 の光を入射させ、多波長光波の中の周波数 ω_1 の光波と干渉して定在波となる。この定在波が光ファイバあるいは導波路10の屈折率を変調することにより形成される回折格子は、周波数 ω_1 の光波のみを回折反射して入射端(出射端)P13から出射させ、入射光中の周波数 ω_1 の光成分だけを取り除くことができる。したがって、同じ方法で他の波長成分も分離でき、波長分波器として機能させることができる。

【0012】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施形態を図面を参照して説明する。図4ないし図6は本発明を光アイソレータに適用する実施形態を示している。先ず、図4において、光ファイバ20を2つのY分岐カプラ21, 22を用いて接続し、互いに逆方向へ伝搬する異なる周波数 $\omega_1 = 194\text{ THz}$ (波長 $1.55\mu\text{m}$)、及び周波数 $\omega_2 = 224\text{ THz}$ (波長 $1.34\mu\text{m}$)の二つの光波を入射端P22及びP24から前記光ファイバ20に導入する。この光ファイバ20は普通の光ファイバとは異なり、非線形光学効果を有するErd dopファイバを用いるのが望ましい。したがって、前記各光波の干渉により前記光ファイバ20内における屈折率の分布は、速度 $v = 2.15 \times 10^7\text{ m/s}$ で進行する周期の波(動的回折格子)となる。この様な動的回折格子においては、入射端P21から周波数 $\omega'_1 = 225\text{ THz}$ (波長 $1.32\mu\text{m}$)の光を入射した場合、あるいは入射端P23から周波数 $\omega'_2 = 195\text{ THz}$ (波長 $1.538\mu\text{m}$)の光を入射した場合に、先に述べたドップラ効果により反射される。したがって、波長 $1.32\mu\text{m}$ の光波は入射端P23→入射端P21方向には伝搬可能であるが、入射端P21→入射端P23方向には動的回折格子により反射されて伝搬できない。また逆に、波長 $1.538\mu\text{m}$ の光波は入射端P21→入射端P23方向には伝搬可能であるが、入射端P23→入射端P21方向には伝搬できない。これにより、光波の伝搬方向により伝搬特性に異方性が生じることになり、光アイソレータとして用いることが可能となる。

【0013】図5は本発明の光アイソレータを光導波路として構成する実施形態を示している。同図において、InP基板31上にInGaAsP半導体から成る光ガイド層を成長してから、通常のフォトリソグラフィーとエッチングにより、約 $1\mu\text{m}$ 幅のY分岐導波路のコア部分を形成する。その後InP層を成長することにより、コア全体をInPで埋め込み、InGaAsPコアから成るY分岐光導波路30を形成する。そして、周波数 194 THz 及び 224 THz の二つの光波を入射端P3

2及びP34から導入することにより、光導波路30に速度 $v = 2.15 \times 10^7 \text{ m/s}$ で進行する動的回折格子が形成される。したがって、図4の実施形態と同様に、入射端P31あるいはP33からある周波数の光波を入射させることにより、この光波は片方向にのみ透過できるため、光非相反素子として機能することが可能である。

【0014】図6は本発明の光アイソレータ、特に図5に示したと同様の構成の光アイソレータを半導体レーザとモノリシック集積化した例を示す図である。すなわちInP基板31上に半導体層を積層し、活性層33を形成するとともに電極34を形成することで周知の半導体レーザ32を形成し、この半導体レーザ32を前記光アイソレータを構成する光導波路30の一つの入射端、ここでは前記入射端P33に一体化している。ここで、例えば、前記半導体レーザ32の波長は $1.32\mu\text{m}$ とし、前記光導波路30の入射端P32、P34からそれぞれ入射する2つの周波数 ω_1 、 ω_2 の干渉光波の波長を $\lambda_1 = 1.55\mu\text{m}$ 及び $\lambda_2 = 1.34\mu\text{m}$ に設定すれば、半導体レーザ32からの出射光が光導波路30を透過し、入射端P31から外部の光学素子に向けて出射できる。一方、外部の光学素子から入射端P31へ反射して来る同じ波長 $1.3\mu\text{m}$ の反射光は、前記干渉光波より形成された動的回折格子によって入射端P31に向けて反射されるため、半導体レーザ32までには伝搬されない。したがって、半導体レーザ32への反射戻り光を遮断することが可能である。この場合、入射端P33に出射する ω_1 の光の波長は $1.55\mu\text{m}$ なので、入射端P33に設けたフィルタ、例えば回折格子波長フィルタ35により除去することが可能である。

【0015】次に、図7及び図8を用いて本発明を波長分波器の実施形態を説明する。先ず、図7において、3つのY分岐カプラ41～43を継続接続して連続された光ファイバ40からなる光ファイバ波長分波回路を構成する。第一のY分岐カプラ41の入射端P41には、周波数 ω_1 、 ω_2 、 ω_3 、 ω_4 の4波長の多波長の光波が入射する。そして、第一のY分岐カプラ41の反対側の入射端P42からY分岐カプラ41を逆方向へ伝搬する周波数 ω_1 の干渉波を導入する。これにより、第一のY分岐カプラ41内では、周波数 ω_1 の干渉波と入射光中の対応する周波数 ω_1 の光波とが干渉され、回折格子が形成される。したがって、多波長の光波のうちの周波数 ω_1 の光波は、第一のY分岐カプラ41で反射されてその出射端P43から出射され、多波長の光波から分岐される。以下、同様に第二のY分岐カプラ42において周波数 ω_2 の光波が分岐され、第三のY分岐カプラ43において周波数 ω_3 の光波が分岐され、最終的に周波数 ω_4 の光波のみが出射端P44から出射される。これにより、波長分波器が構成されることになる。

【0016】図8は本発明の波長分波器を光導波路とし

て構成した実施形態を示している。図5に示した光アイソレータと同様に、例えば、InP基板55上にInGaAsP半導体から成る光ガイド層を成長してから、通常のフォトリソグラフィとエッチングにより、約 $1\mu\text{m}$ 幅のY分岐導波路のコア部分を形成する。その後InP層を成長することにより、コア全体をInPで埋め込み、InGaAsPコアから成る4つのY分岐光導波路51～54が継続接続された光導波路50を形成する。そして、第一のY分岐光導波路51の入射端P51から ω_1 、 ω_2 、 ω_3 、 ω_4 の4波長の多波長の光波が入射する。また、前記第一ないし第四の各Y分岐光導波路51～54の反対側を向いた入射端P52～P55からそれぞれ周波数 ω_1 、 ω_2 、 ω_3 、 ω_4 の干渉波を入射する。これにより、各Y分岐光導波路51～54では、周波数 ω_1 、 ω_2 、 ω_3 、 ω_4 の光波を反射する回折格子が形成され、各Y分岐光導波路51～54において順次周波数 ω_1 、 ω_2 、 ω_3 、 ω_4 の各光波が、前記多波長光波から分岐されてそれぞれ出力端P56～P59から出射され、波長分波器として機能させることが可能となる。

【0017】なお、本発明は前記した実施形態の構成に限られるものではなく、2つの光波の干渉によって形成される回折格子を含む光機能素子を用いる構成であれば、種々の形態での適用が可能であることは言うまでもない。

【0018】

【発明の効果】以上説明したように本発明は、光の強度に応じてその屈折率が変化する媒質に第一及び第二の光波を互いに逆方向に伝搬し、これらの光波の干渉により前記媒質内に形成される屈折率分布の波による回折格子を備え、この回折格子によって所望の光波を反射し、あるいは透過するように構成しているので、非常に簡単な構成により光アイソレータあるいは波長分波器が実現でき、また、半導体レーザの光デバイスとのモノリシックな集積化も可能であるため、光通信用のデバイスとして極めて有用となり、製造工程の簡略化、信頼性の向上、及び低コストでの提供が実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明における回折格子が形成される原理を説明するための図である。

【図2】本発明が光アイソレータとして構成される原理を説明するための図である。

【図3】本発明が波長分波器として構成される原理を説明するための図である。

【図4】本発明を光アイソレータとして構成した第1の実施形態の構成図である。

【図5】本発明を光アイソレータとして構成した第2の実施形態の構成図である。

【図6】本発明を光アイソレータとして構成した第3の実施形態の構成図である。

【図7】本発明を波長分波器として構成した第1の実施形態の構成図である。

【図8】本発明を波長分波器として構成した第2の実施形態の構成図である。

【図9】従来の波長分波器の一例の構成図である。

【符号の説明】

10 光ファイバまたは光導波路

20 光ファイバ

21, 22 Y分岐カプラ

30 光導波路

31 InP基板

32 半導体レーザ

35 回折格子波長フィルタ

40 光ファイバ

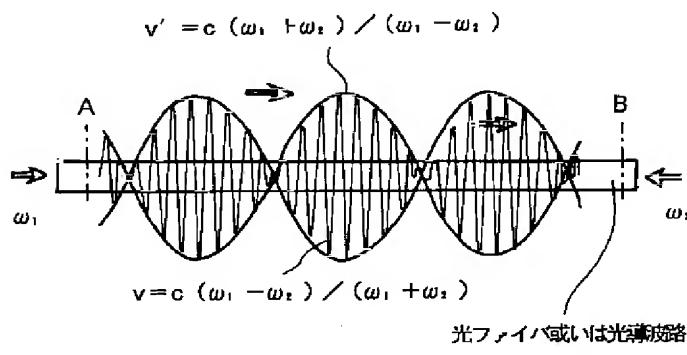
41~43 Y分岐カプラ

50 光導波路

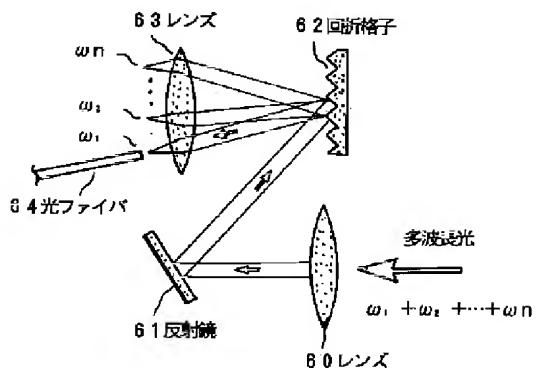
51~54 Y分岐光導波路

55 InP基板

【図1】



【図9】

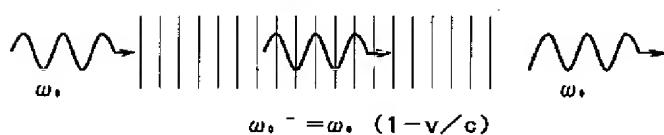


【図2】

(a)

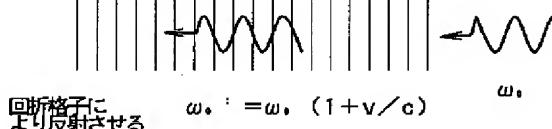
速度Vで移動する回折格子

→ V

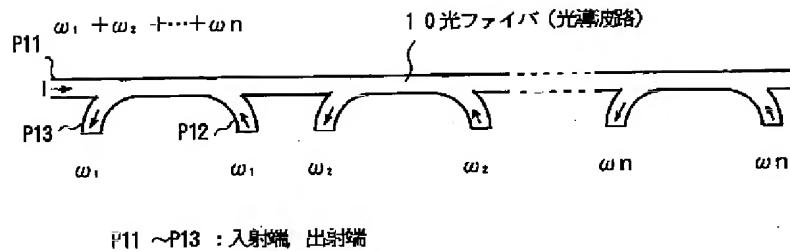


(b)

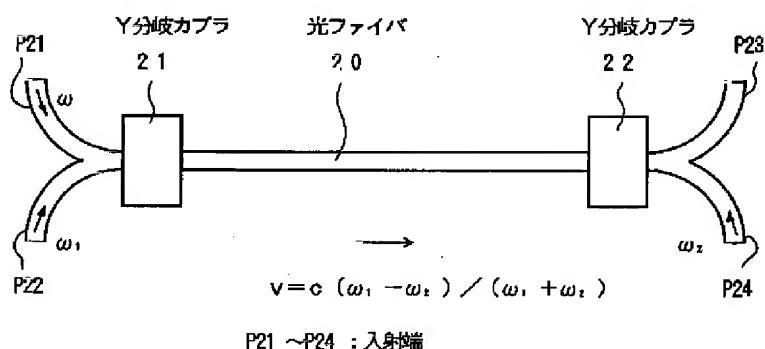
→ V



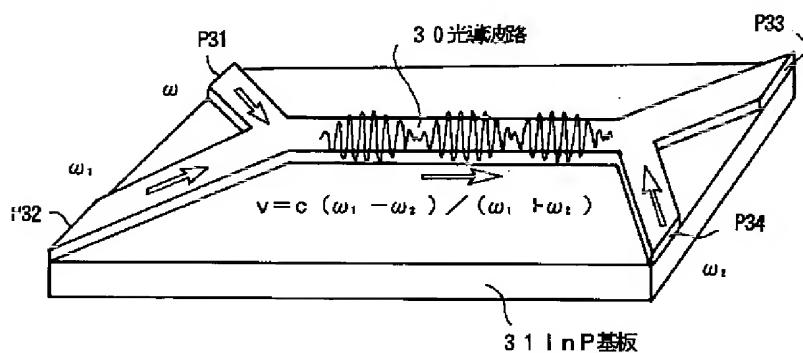
【図3】



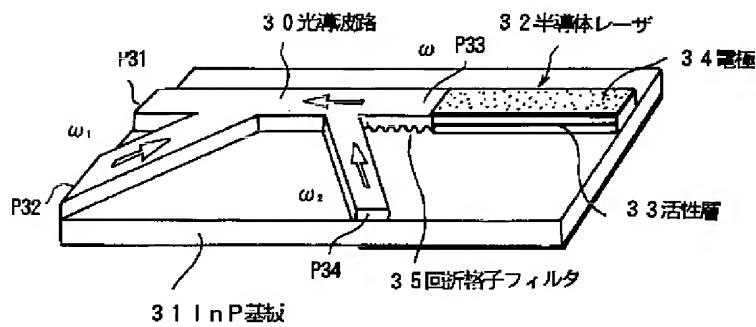
【図4】



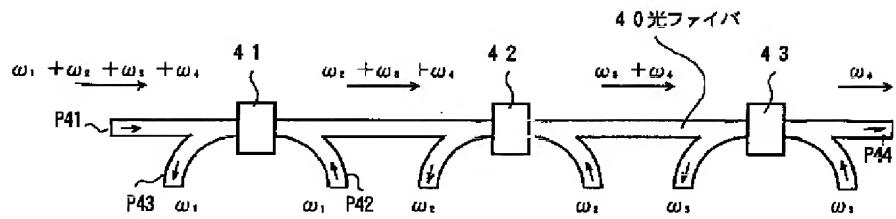
【図5】



【図6】



【図7】



4.1, 4.2, 4.3 : Y分岐カプラ

P41 ~ P44 : 入力端

【図8】

